

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-222773

(P2002-222773A)

(43)公開日 平成14年8月9日(2002.8.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 01 L 21/268		H 01 L 21/268	E 4 E 0 6 8
C 23 C 16/02		C 23 C 16/02	4 K 0 3 0
16/34		16/34	5 F 0 4 1
H 01 L 21/26	33/00	H 01 L 33/00	C 5 F 0 7 3
		H 01 S 5/323	6 1 0
		審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)	最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-19552(P2001-19552)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(22)出願日 平成13年1月29日(2001.1.29)

(72)発明者 田村 聰之

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業

株式会社内

(72)発明者 小川 雅弘

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業

株式会社内

(74)代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

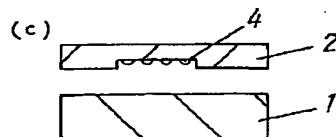
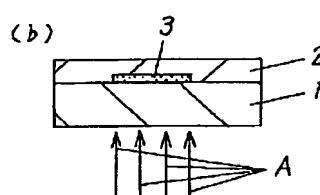
最終頁に続く

(54)【発明の名称】窒化物半導体ウェハの製造方法

(57)【要約】

【課題】 窒化物半導体と母材基板とを分離する際に窒化物半導体が割れるのを防止する。

【解決手段】 サファイア基板1上にGaN膜2を成長した後、サファイア基板1の裏面よりエキシマKrFレーザを照射してサファイア基板1とGaN膜2とを分離する。エキシマKrFレーザのパルス幅は5ns、光強度100mJ/cm²、ビーム径は30mmとする。その後、GaN膜2のレーザを照射された部分に対し研磨を行い、GaN膜2を平らにしてGaNウェハ21を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 母材基板上に前記母材基板とは異なる材料よりなる窒化物半導体を成長する第1の工程の後、1照射面積が前記母材基板主面の面積の20%以上である光を用いて前記母材基板と前記窒化物半導体を分離する第2の工程を有することを特徴とする窒化物半導体ウェハの製造方法。

【請求項2】 前記第2の工程は複数台のレーザを用いて行わることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体ウェハの製造方法。

【請求項3】 前記第2の工程は複数台のランプを用いて行わることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体ウェハの製造方法。

【請求項4】 前記第2の工程は前記窒化物半導体を加熱して行うことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体ウェハの製造方法。

【請求項5】 前記第2の工程は複数台の水銀ランプを用いて行わることを特徴とする請求項4に記載の窒化物半導体ウェハの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、青紫色レーザや高速トランジスタ用いられる窒化物半導体 ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 、 $0 \leq x \leq 1$) デバイスを形成するためのウェハの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 フリースタンディング窒化物半導体ウェハとは、窒化物半導体と異なる材料は含まれず、窒化物半導体のみから構成されるウェハである。

【0003】 一般に、フリースタンディング窒化物半導体ウェハを得るために、母材基板上に母材基板とは異なる材料よりなる窒化物半導体を成長し、その後、母材基板を除去するという方法が用いられている。

【0004】 従来、母材基板を除去する方法として、母材基板裏面からエキシマKrFレーザ、Nd:YAGレーザ等を照射する手法(レーザリフトオフ)が用いられている。照射するレーザのパルス幅は5~30ns、光強度300~600mJ/cm²、ビーム径は50μm~7mmである。母材基板としては、エキシマKrFレーザやNd:YAGレーザに対して透明である材料を用いていて、例としてサファイア、スピネル等がある。母材基板は光を透過するので、また、照射するレーザのパルス幅は非常に短いので、このレーザ光は窒化物半導体の母材基板との界面近傍にのみ吸収される。界面近傍の窒化物半導体は加熱され、熱解離によりGa金属と窒素ガスに分離し、窒素ガスは発散してしまう。その結果、窒化物半導体と母材基板とが界面分離する(USP6071835)。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、母材基板の大きさに対して用いるレーザのビーム径が非常に小さい場合、次のような問題が生じた(図6)。

【0006】 2インチ母材基板61上に窒化物半導体膜62を成長した場合、レーザのビーム径の大きさ(最大で7mm)は母材基板61の大きさと比べて非常に小さいので、1照射面積で窒化物半導体膜62と母材基板61との間で界面分離が生じたとしても、基板全面では界面分離が起こらない。そのため、基板全面の中に界面分離が行われた部分と行われていない部分とが生じ、界面分離が行われていない部分では熱膨張係数差による残留応力が集中し、窒化物半導体膜62が割れてしまうという問題が生じた。

【0007】 また、1回の照射で母材基板61と窒化物半導体膜62とが分離しない場合でも、窒化物半導体膜62と母材基板61とを分離させるために必要な面積を照射するためには、レーザのスキャンを行って必要な面積を照射する必要があり、界面全面で分離するまでの途中過程で窒化物半導体膜62と母材基板61とが分離していない部分に応力が集中し、窒化物半導体膜62が割れてしまうという問題が生じた。

【0008】 さらに、上記に示す課題の他に、リフトオフで用いる光のエネルギーが窒化物半導体のバンドギャップとほぼ同じ場合、光が効率よく窒化物半導体膜62に吸収されないといった問題もあった。

【0009】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するためには、本発明の窒化物半導体ウェハの製造方法は、以下に示す構成よりなるものである。

【0010】 本発明の窒化物半導体ウェハの製造方法は、母材基板上に前記母材基板とは異なる材料よりなる窒化物半導体を成長する第1の工程の後、1照射面積が前記母材基板の面積の20%以上である光を用いて前記母材基板と前記窒化物半導体を分離する第2の工程を有する。かかる構成により、1照射面積で分離が生じると、母材基板と窒化物半導体の全面でも同時に分離が生じ、窒化物半導体が割れてしまうことを防止できる。また、母材基板と窒化物半導体を全面同時に分離するためには、1照射面積のみ分離が生じれば良いので、レーザのスキャンを行う必要が無く、分離に要する時間を短くすることができる。

【0011】 本発明の窒化物半導体ウェハの製造方法では、前記第2の工程は複数台のレーザを用いて行われる。

【0012】 本発明の窒化物半導体ウェハの製造方法では、前記第2の工程は複数台のランプを用いて行われる。

【0013】 本発明の窒化物半導体ウェハの製造方法では、前記第2の工程は前記窒化物半導体を加熱して行う。かかる構成により、窒化物半導体のバンドギャップ

を小さくし、室温では窒化物半導体に吸収されにくい光を、効率よく吸収できるようにする。

【0014】本発明の窒化物半導体ウェハの製造方法では、前記第2の工程は複数台の水銀ランプを用いて行われる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態1について、詳しく説明する。

【0016】(実施の形態1) 本発明の実施の形態1における窒化物半導体ウェハの製造方法について、図1を参照しながら説明する。

【0017】2インチ(0001)サファイア基板1上に、H V P E(ハイドライド気相成長)法により、GaN膜2を形成する(図1(a))。GaN原料としてはGaN金属とHClを反応させて得られるGaClを、N原料としてはNH₃を、キャリアガスとしてN₂を用いる。成長温度は1000°Cで、成長時間は約5時間とした。なお、サファイア基板1上に、低温緩衝層を形成した後、GaNを形成しても良い。また、キャリアガスとしてH₂や、N₂とH₂の混合ガスを用いても良い。H V P Eでの成長の結果、サファイア基板1上には良好な結晶性のGaN膜2が200μm成長した。

【0018】GaN膜2を成長した後、サファイア基板1の裏面よりエキシマKrFレーザを照射する(図1(b))。エキシマKrFレーザのパルス幅は5ns、光強度100mJ/cm²、ビーム径は30mmとする。なお、レーザとしてはエネルギーが窒化物半導体よりも大きく、かつ光強度100mJ/cm²以上の出力が得られるものであれば良く、エキシマKrFレーザの他にはNd:YAGレーザの3次高調波等がある。また、母材基板としては、エキシマKrFレーザやNd:YAGレーザに対して透明である材料を用いていて、例としてサファイア、スピネル等がある。サファイア基板1はエキシマKrFレーザを透過するので、このレーザはGaN膜2のみに吸収される。また、エキシマKrFレーザのパルス幅は5nsと非常に短いので、レーザはGaN膜2のサファイア基板1との界面のごく近傍に局所的に吸収される。界面近傍のGaN膜2は加熱され、熱解離によりGaN金属と窒素ガスに分離した部分3が生じ、窒素ガスは発散してしまう。レーザのビーム径が大きいので、1照射面積で分離が生じると、同時にGaN膜2とサファイア基板1全面でも分離が生じる(図1(c))。全面分離後、GaN金属と窒素ガスに分離した部分3では、GaN金属4が残留しているので、ウェットエッティングで除去する。また、GaN膜2のレーザを照射された部分が凹になっているので、研磨を行い、GaN膜2を平らにしてGaNウェハ21を得る(図1(d))。

ビーム径が30mmのとき母材基板の面積に対するレーザの1パルス照射面積の割合は36%であり、照射された部分とGaN膜2とサファイア基板1の

全面が同時に分離する確率は約75%である。従来技術において最大であった7mmというビーム径のレーザを用いた場合、全面で同時に分離することはほとんど無かった。このように、ビーム径の大きいレーザを用いることによって、GaN膜2とサファイア基板1とを全面で同時に分離することができ、その結果、分離工程で窒化物半導体が割れることを防止できる。また、分離に要する時間は、1照射面積を分離するために必要な照射時間だけとなり、分離工程の時間を短くすることができる。

【0019】また、エキシマKrFレーザのビーム径を5~50mmまで変化させて、GaN膜2とサファイア基板1とが全面で同時に分離する確率を調べた結果を図2に示す。レーザのその他の条件は上述と同様である。なお、図2においては、サファイア基板1の面積に対するレーザの1照射面積の割合と、GaN膜2とサファイア基板1の全面が同時に分離する確率の関係を示している。図2より、レーザの1照射面積がサファイア基板1の面積の20%以上のところで、GaN膜2とサファイア基板1とが全面同時に分離する。そこで、レーザの1照射面積を母材基板の面積の20%以上とする。また、レーザの1照射面積がサファイア基板1の面積の約50%となる場合、1照射でGaN膜2とサファイア基板1とが全面同時に分離する確率は約90%となる。そこでより好ましくは、レーザの1照射面積を母材基板の面積の50%以上にするのが良い。なお、本実施の形態1では円形のレーザビームを用いているが、対称性の無い形状をしたレーザビームを使用すると、図2のグラフは全体的に右にシフトし、全面同時に分離するために必要な1照射面積は円形のレーザビームを用いた場合よりも大きくなる。

【0020】(実施の形態2) 本発明の実施の形態2における窒化物半導体ウェハの製造方法について、図3を参照しながら説明する。

【0021】実施の形態2は、サファイア基板1上にGaN膜2を成長する工程までは、実施の形態1と同様である(図3(a))。

【0022】GaN膜2を成長後、サファイア基板1の裏面に、複数台のレーザ装置5を用いてNd:YAGレーザの3次高調波を照射する(図3(b))。各レーザのパルス幅は5ns、光強度100mJ/cm²、ビーム径は7mmとする。各々のレーザ装置5からは同時にサファイア基板1にレーザを照射し、レーザの照射面積の総和は、サファイア基板1の面積の30%以上となるようにする。

【0023】照射後、1照射面積で分離が生じると、GaN膜2とサファイア基板1の全面でも分離が生じる(図3(c))。分離する原理については実施の形態1の記載と同様である。全面分離後、GaN金属と窒素ガスに分離した部分3では、GaN金属4が残留しているので、ウェットエッティングで除去する。また、GaN膜2

のレーザを照射された部分が凹になっているので、研磨を行い、GaN膜2を平らにしてGaNウェハ21を得る(図3(d))。以上のように複数台のレーザ装置5を用いることにより、GaN膜2とサファイア基板1の全面を同時に分離することができ、GaN膜2が分離工程で割れることを防止できる。

【0024】また、分離に要する時間は、1照射面積を分離するために必要な照射時間だけとなり、分離工程の時間を短くすることができる。

【0025】なお、Nd:YAGレーザの他に、KrFエキシマレーザ等を用いても良い。

【0026】(実施の形態3)本発明の実施の形態3における窒化物半導体ウェハの製造方法について、図4を参照しながら説明する。

【0027】実施の形態3は、サファイア基板1上にGaN膜2を成長する工程までは、実施の形態1と同様である(図4(a))。

【0028】GaN膜2を成長後、サファイア基板1の裏面から、サファイア基板1全面にNd:YAGレーザの3次高調波を照射する(図4(b))。照射されるレーザのパルス幅は5ns、光強度は100mJ/cm²、1照射面積はサファイア基板1の面積と同じである。レーザの1照射面積が大きいので、大型の1台のレーザ装置を用いるよりも、複数台の小型のレーザ装置5を用いる方が取り扱いが比較的容易である。各々のレーザ装置5から照射される光を同期させ、レンズ6を用いて光束をサファイア基板1と同じ大きさにする。

【0029】Nd:YAGレーザの3次高調波がサファイア基板1全面に一度に照射されるため、分離も基板全面で一度に生じ、サファイア基板1とGaN膜2が、GaN膜2が割れることなく分離する(図4(c))。分離の原理に関しては、実施の形態1に記載の内容と同様である。全面分離後、Ga金属と窒素ガスに分離した部分3では、Ga金属4が残留しているので、ウェットエッティングで除去する。また、GaN膜2のレーザを照射された部分が凹になっているので、研磨を行い、GaN膜2を平らにしてGaNウェハ21を得る(図4(d))。

このように、複数台のNd:YAGレーザ装置5を用いて、サファイア基板1全面を一度に照射することにより、GaN膜2とサファイア基板1を割れることなく、分離することができる。

【0030】また、分離に要する時間は、1照射面積を分離するために必要な照射時間だけとなり、分離工程の時間を短くすることができる。

【0031】なお、Nd:YAGレーザの他に、KrFエキシマレーザやN₂レーザ等を用いても良い。

【0032】(実施の形態4)本発明の実施の形態4における窒化物半導体ウェハの製造方法について説明する。

【0033】実施の形態4は、サファイア基板1上にGaN膜2を成長する工程までは、実施の形態1と同様で

aN膜2を成長する工程までは、実施の形態1と同様である。

【0034】GaN膜2を成長した後、図5に示すエキシマ光照射装置を用いて、サファイア基板1の裏面よりエキシマ光を照射する。なお母材基板としては、エキシマ光を透過するものであれば良く、サファイア、スピネル等がある。図5の装置では、放射されたエキシマ光を有効に利用するために、反射鏡7が設置されている。また、反射鏡7の内部にエキシマランプ8が複数個設置されている。反射鏡7内に設置されている個々のエキシマランプ8は、放電ガスに電界をかけてプラズマを生成するための電極および誘電体の面積を非常に大きくしてあり、高出力化が施されている。エキシマランプ8の放電ガスにはXeClを用い、その際のエキシマランプ8の波長は308nmである。なお、放電ガスとしては、GaN膜2のバンドギャップ以上のエネルギーを持つ光を放出するものであれば良く、XeClの他にはKrCl(波長222nm)等を用いても良い。反射鏡の開口部にはチョッパ9が設けてあり、サファイア基板1の裏面にパルス幅10msのパルスエキシマ光が照射されるよう動作させる。

【0035】図5のエキシマ光照射装置の開口部分は50mmφの円形となっていて、2インチサファイア基板1全面を一度に照射できる構造となっている。光強度のピークは約100mJ/cm²である。また、図5の装置において、光強度のピーク値を100%とした開口部全面の相対光強度は95%以上となっており、サファイア基板1全面を均一に照射するのに十分高い値であると考えられる。

【0036】図5の装置ではエキシマ光がサファイア基板全面に一度に照射されているため、分離も基板全面で一度に生じ、サファイア基板1とGaN膜2が、GaN膜2が割れることなく分離する。分離の原理に関しては、実施の形態1に記載の内容と同様である。全面分離後、Ga金属と窒素ガスに分離した部分3では、Ga金属4が残留しているので、ウェットエッティングで除去する。また、GaN膜2の光を照射された部分が凹になっているので、研磨を行い、GaN膜2を平らにする。このように、複数台のエキシマランプを用いてサファイア基板1全面を一度に照射することにより、GaN膜2とサファイア基板1とを割れることなく、分離することができる。

【0037】また、分離に要する時間は、1照射面積を分離するために必要な照射時間だけとなり、分離工程の時間を短くすることができる。

【0038】(実施の形態5)本発明の実施の形態5における窒化物半導体ウェハの製造方法について説明する。

【0039】実施の形態5は、サファイア基板1上にGaN膜2を成長する工程までは、実施の形態1と同様で

ある。

【0040】GaN膜2を成長後、GaN膜2およびサファイア基板1をホットプレート上に設置し、600°Cに加熱する。その際、GaN膜2がホットプレートに接するように置く。設置後、水銀ランプの1線（波長365.015nm）をサファイア基板1の裏面から照射する。水銀ランプの照射装置は、図5においてエキシマランプを水銀ランプに置き換えた構成となっている。なお母材基板としては、水銀ランプの1線を透過するものであれば良く、サファイア、スピネル等がある。

【0041】水銀ランプの1線の光強度のピークは約100mJ/cm²である。また、照射装置において、光強度のピーク値を100%とした開口部全面の相対光強度は95%以上となっており、サファイア基板1全面を均一に照射するに十分高い値となっている。

【0042】室温では、水銀ランプの1線のエネルギーはGaN膜2のバンドギャップとほぼ同じであるので、1線はGaN膜2に吸収されにくい。しかしGaN膜2を600°Cに加熱すると、GaN膜2のバンドギャップが1線のエネルギーよりも小さくなり、1線がGaN膜2に効率よく吸収されるようになる。

【0043】水銀ランプの1線がサファイア基板1全面に照射され、GaN膜2のサファイア基板1との界面全面で1線が吸収されるため、サファイア基板1とGaN膜2の全面が、GaN膜2が割れることなく分離する。分離の原理に関しては、実施の形態1に記載の内容と同様である。全面分離後、Ga金属と窒素ガスに分離した部分3では、Ga金属4が残留しているので、ウェットエッティングで除去する。また、GaN膜2の光を照射された部分が凹になっているので、研磨を行い、GaN膜2を平らにする。このように、GaN膜2を加熱することにより、水銀ランプの1線が効率よくGaN膜2に吸収されるようになり、また、複数台の水銀ランプを用いてサファイア基板1全面を一度に照射することにより、GaN膜2とサファイア基板1とを割れることなく、分離することができる。

【0044】また、分離に要する時間は、1照射面積を分離するために必要な照射時間だけとなり、分離工程の

時間を短くすることができる。

【0045】

【発明の効果】本発明によれば、1照射面積が母材基板の面積の20%以上である光を用いて、母材基板と窒化物半導体を分離することにより、窒化物半導体ウェハを割れることなく得ることが可能となり、分離工程における歩留まりの向上に繋がる。

【0046】また、分離に要する時間も1照射面積を分離するのに必要な時間となるので、従来技術よりも時間の短縮ができ、生産性の向上に繋がる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1における窒化物半導体ウェハの製造方法を表す断面図

【図2】本発明の実施の形態1におけるサファイア基板1の面積に対するレーザの1照射面積の割合と、GaN膜2とサファイア基板1の全面が同時に分離する確率の関係を表す図

【図3】本発明の実施の形態2における窒化物半導体ウェハの製造方法を表す断面図

【図4】本発明の実施の形態3における窒化物半導体ウェハの製造方法を表す断面図

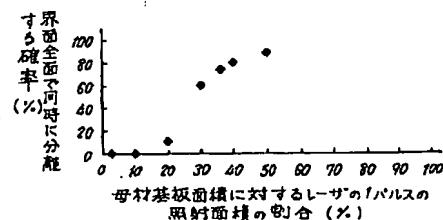
【図5】本発明の実施の形態4におけるエキシマランプを複数台用いた照射装置の断面図

【図6】従来の窒化物半導体ウェハの製造方法に関する問題点を示す断面図

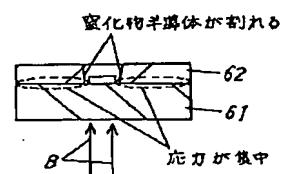
【符号の説明】

- 1 サファイア基板
- 2 GaN膜
- 3 Ga金属と窒素ガスに分離した部分
- 4 Ga金属
- 5 レーザ装置
- 6 レンズ
- 7 反射鏡
- 8 エキシマランプ
- 9 チョッパ
- 21 GaNウェハ
- A、B レーザ光

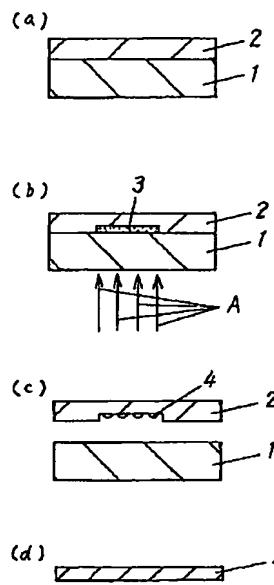
【図2】



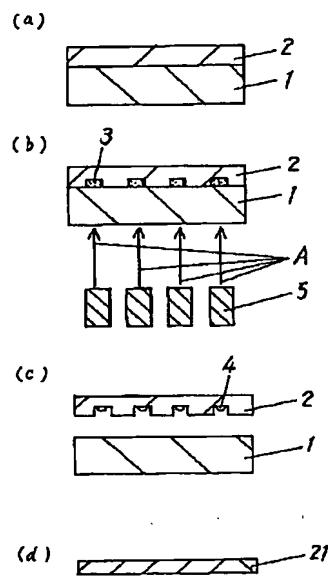
【図6】



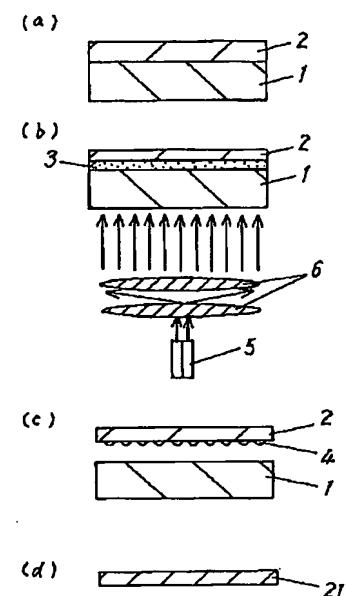
【図1】



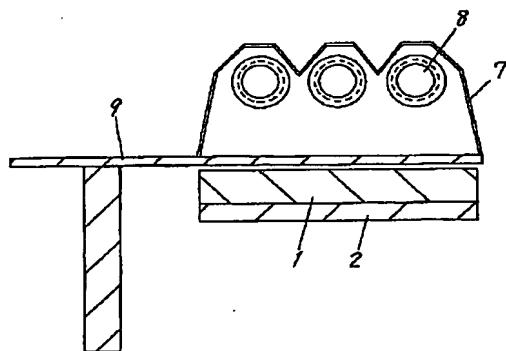
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7
 H 01 S 5/323
 // B 23 K 26/00
 B 23 K 101:40

識別記号
 610
 320

(72) 発明者 石田 昌宏
 大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業
 株式会社内

F I
 B 23 K 26/00
 B 23 K 101:40
 H 01 L 21/26

テ-マコ-ト (参考)
 320 E
 E

F ターム (参考)
 4E068 AE01 DA10
 4K030 AA03 AA13 AA18 BA38 CA05
 DA08 FA10 LA14
 5F041 AA41 CA40 CA46 CA64
 5F073 CA02 CB05 DA04